

Cretaceous paleoenvironment across the Cenomanian / Turonian boundary based on analytical data from the Yezo Group, Hokkaido, Japan

著者	長谷川 卓
号	37
学位授与番号	1375
URL	http://hdl.handle.net/10097/38228

氏名・(本籍)	は せ が わ 長谷川	たかし 卓
学 位 の 種 類	博	士 (理 学)
学 位 記 番 号	理博第	1 3 7 5 号
学位授与年月日	平 成 6 年 3 月 25 日	
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当	
研 究 科 専 攻	東北大学大学院理学研究科 (博士課程) 地学専攻	
学位論文題目	Cretaceous paleoenvironment across the Cenomanian / Turonian boundary based on analytical data from the Yezo Group, Hokkaido, Japan 〔北海道蝦夷層群の解析データによる白亜紀セノマニアン ／チューロニアン期境界の地球環境〕	
論文審査委員	(主査) 教 授 斎 藤 常 正	教 授 森 啓 助 教 授 石 崎 国 熙

論 文 目 次

1. INTRODUCTION
2. GEOLOGIC SETTINGS
 - 2-1 Oyubari area
 - 2-2 Tappu area
3. BIOSTRATIGRAPHY
 - 3-1 Material and method
 - 3-2 Oyubari area
 - Datum planes of planktonic foraminifera
 - Recognition of *Whiteinella archaeocretacea* Zone

- 3-3 Tappu area
 - Recognition of *Whiteinella archaeocretacea* Zone
- 3-4 Sedimentation rate estimated from intervals of datum planes
- 4. EVALUATION OF DIAGENETIC EFFECTS AND PROVENANCE OF ORGANIC MATTER
 - 4-1 Rock Eval pyrolysis
 - 4-1-1 Method
 - 4-1-2 Results and discussion
 - Thermal maturity of organic carbon
 - Provenance of organic carbon
 - 4-2 Biomarker analyses
 - 4-2-1 Method
 - 4-2-2 Results and discussion
 - Thermal maturity of organic carbon
 - Provenance of organic carbon
- 5. CARBON ISOTOPE ANALYSES
 - 5-1 Method
 - 5-2 Results
- 6. SEDIMENTS NEAR THE CENOMANIAN / TURONIAN BOUNDARY
 - 6-1 Oyubari area
 - 6-2 Tappu area
- 7. GEOCHEMICAL STUDY FOR EVALUATING BOTTOM WATER CONDITION
 - 7-1 Total organic carbon content (TOC)
 - 7-2 Sulfur isotope and total sulfur content (TS)
 - 7-2-1 Analytical procedure
 - 7-2-2 Analytical results
 - 7-2-3 Discussion
 - 7-3 Biomarker analyses
- 8. GENERAL DISCUSSION
 - 8-1 Significance of the carbon isotope "spike" across the Cenomanian / Turonian boundary
 - 8-1-1 Timing
 - 8-1-2 Significance of amplitude of the $\delta^{13}\text{C}$ spike
 - 8-1-3 Interpretation of general trend of $\delta^{13}\text{C}$ fluctuation across the C/T boundary

8-2 Bottom water condition across the Cenomanian / Turonian boundary in Hokkaido

8-3 "Radiolarian event"

8-4 Paleoenvironment across the Cenomanian / Turonian boundary

9. CONCLUSION

SYSTEMATIC DESCRIPTION

REFERENCES

論文内容要旨

白亜紀セノマニアン/チューロニアン (C/T) 境界付近では貧酸素水塊が広がり、世界各地に短期間に大量の有機炭素が埋積したと考えられている。“海洋無酸素事件 (OAE)” と呼ばれるこのイベントは、化石燃料の燃焼によって有機炭素の無機化が急速に進む現在の地球の状況と、いわば逆プロセスである。従って OAE の及ぼした影響を評価することは、現在および将来の地球環境の変化を予測することにもつながる。白亜紀には三度の OAE があったが、C/T 境界の OAE が最も短期間に急速に進んだと考えられており、地球環境を考えていく上では最も重要である。

これまでの研究により、多くの研究者は C/T 境界の OAE はグローバルイベントであると考えている。しかし、太平洋、特に北西太平洋域では世界各地と比較し得るような研究例は存在せず、大きな空白域となっていた。C/T 境界の OAE の全体像を把握するためにはこの地域の研究を進めることが不可欠であった。本研究では北海道に分布する白亜系蝦夷層群を対象にして、C/T 境界の古環境の解明を行った。

グローバルイベントとしての C/T 境界の OAE の北西太平洋域への影響を考えるためには、第一に国際的対比を行うことが大前提となる。そのためには大型化石よりも連続的に年代示標種を産する微化石による詳細な生層序を確立する必要がある。特に浮遊性有孔虫の *Whiteinella archaeocretacea* Zone の認定が重要になる。なぜなら、世界の他地域の C/T 境界の OAE の層位学的位置は、ほぼこの有孔虫帯に含まれるからである。第二に、分析や古環境評価は、世界で最もよく研究されている C/T 境界セクションで用いられている手法と同様なものであることが、比較研究上重要である。

本研究では北海道大夕張地域および達布地域において石灰質微化石による C/T 境界付近の詳細な生層序を確立した上で、1. 地質調査による岩相および生痕相の検討、2. 有機炭素同位体比分析、3. ロックエバル分析、4. バイオマーカー分析、5. 含有有機炭素量分析、6. 硫黄同位体比および含有硫黄量分析を行った。1, 4, 5 および 6 は蝦夷層群堆積盆の底層水の酸素環境を推定するために行った。3, 4 は有機炭素の起源および熟成度を評価するために行った。2 は炭素同位体比曲線の、生層位学的手法以外の枠組みによる対比手段としての可能性を、生層位学的に検証するという目的と、3, 4 による検証の上でセノマニアンからチューロニアンにかけての大気中の二酸化炭素の炭素同位体比をモニターするという目的のために行った。

生層序

セノマニアン～チューロニアンの浮遊性有孔虫生層序を検討した結果、大夕張地域では 7 つの datum plane が認められた。すなわち、上位から *Marginotruncana pseudolinneiana* の FAD, *Marginotruncana schneegansi* の FAD, *Rotalipora cushmani* および *Rotalipora green-*

hornensis の Conjoined LAD (Co-LAD), *Rotalipora deeckei* の LAD, *Rotalipora deeckei* の FAD, *Rotalipora greenhornensis* の FAD, *Praeglobotruncana gibba* の FAD である。

W. archaeocretacea Zone の認定は大夕張地域では下限を *Rotalipora cushmani* と *Rotalipora greenhornensis* の Co-LAD によって、上限を *Marginotruncana schneegansi* の FAD および *Pseudaspidoceras flexuosum* (アンモナイト) の FAD によって行った。達布地域では下限を *Axopodorhabdus albianus* と *Corollithion kennedyi* (石灰質ナノプランクトン) の Co-LAD によって、上限 *M. schneegansi* の FAD によって行った。

有機炭素同位体比の測定結果

大夕張および達布地域で *W. archaeocretacea* Zone 内の C/T 境界直下に有機炭素同位体比の 2‰ におよぶ正の異常が確認された。また、その変動曲線、最大値および最小値は両地域でよく一致する。すなわち、有機炭素の同位体比のデータは局地的要因にはほとんど左右されていない。また、炭素同位体曲線のピークを分割する一つの注目すべきノッチが確認された。

有機炭素同位体比曲線の評価

バイオマーカー分析およびロックエバル分析の結果から、炭素同位体測定に用いた有機炭素は大部分が陸源の高等植物に由来することが明らかになった。また、有機炭素の熱熟成度は oil generative window の最初期またはそれ以下であり、移動による同位体比の変化は考えられない。従って、分析した有機炭素はオリジナルな値を保存しており、大気の大気二酸化炭素の炭素同位体組成を反映していると考えられる。すなわち、海洋プランクトンの詳細な生層序の枠組みの中で大気二酸化炭素の炭素同位体比をモニターすることが可能である。

C/T 境界の層位学的位置

本研究と同様の C/T 境界における炭素同位体比の正の異常は世界各地の C/T 境界の海洋性炭酸塩および海洋起源有機炭素に記録されており、本研究結果を含めて生層位学的にみて同時である。北海道の二つのセクションで得た炭素同位体比の変動曲線を、炭素同位体比および生層位学的研究の最もよく進んだアメリカコロラド州のプエブロセクションのものと比較し、C/T 境界を正のピークの直上に引いた。

炭素同位体比異常幅の重要性

これまでに報告されている海洋起源有機炭素の正の同位体比異常は 2～7‰ であり、海洋性炭酸塩および陸源有機炭素の正の異常が一致して 2‰ であるのと比較して大きい。これらの同位体比異常の幅を比較した結果、次のように解釈した。すなわち、海洋性炭酸塩および陸源有機炭素の同位体比異常が海洋・大気の大気二酸化炭素の炭素同位体比変化に由来しているのに対し、海洋起源有機炭素の異常は、海洋性炭酸塩と同様の原因に加えて、湧昇流が卓越する海域の局

地的な二酸化炭素分圧減少に伴う同位体分別の縮小効果も影響を与えていた。2%以上の同位体比異常を記録する海洋起源有機炭素を含む堆積物分布域の表層水は C/T 期境界当時は、前後の時代と比較して生物生産性が高かった。

C/T 期境界直前の富有機炭素堆積物の流出・酸化イベント

C/T 期境界付近の炭素同位体比曲線のピークを分割するノッチは北アメリカのウェスタンインテリヤや北ドイツなどでも観察されている。このノッチは海洋性炭酸塩、海洋起源有機炭素および陸源有機炭素中に同規模で表れることから、海洋・大気の一酸化炭素の炭素同位体組成が変化したことを示している。その原因として OAE の期間中に主にヨーロッパ炭酸塩プラットフォームを中心とした海域で生じた有機炭素に富む堆積物の流出・酸化イベントが考えられる。ヨーロッパの多くのセクションでみられる炭素同位体比曲線の C/T 境界直下における急激な正方向へのシフト、ノッチの欠落、および同層準に確認される削剥面や岩相の急変などの証拠はこの解釈を強く支持する。

C/T 期境界における放散虫イベント

C/T 境界直上には大型の放散虫が砂サイズの粒子の大部分を占める“放散虫砂岩”が分布する。同様の堆積物が世界の open ocean 周辺域に分布しており、海洋の深層水循環が活発になり、湧昇流が増加し、生物生産性が上昇したことを示唆する。この時期の海洋底のハイエイタスが多いこともこれを支持する。北海道におけるこの放散虫の増加のイベントの終了のタイミングは炭素同位体比の下降、蝦夷層群堆積盆の底層水の貧酸素イベントの終了時期と一致している。これらのイベントの原因はチューロニアン中期のグローバルな海水準の低下であることが解釈される。

C/T 期境界の蝦夷層群堆積盆における貧酸素イベント

岩相、生痕相、硫黄同位体比、バイオマーカーおよび底生有孔虫群集組成変化 (Kaiho and Hasegawa, in prep) を総合して考察した結果、C/T 期境界およびその前後の時代の蝦夷層群堆積盆の底層水は無酸素状態ではないが貧酸素状態であったことがわかった。特に、C/T 境界直下の堆積物が最も強い貧酸素状態を示す。この底層水の貧酸素化は *W. archaeocretacea* Zone の下部から *M. pseudolinneiana* の FAD の下位の、C/T 境界の上位約 145 m の層準まで確認でき、セノマニアン最後期からチューロニアン中期まで続いた。

北海道周辺の北太平洋海域でも C/T 期境界に OAE に相当する海洋イベントが他地域とほぼ同時にセノマニアン最後期に始まり、酸素欠乏の強度はヨーロッパなど炭酸塩プラットフォームよりも弱いながら、それらの地域よりも後の時代、すなわちチューロニアン中期まで続いた、と結論される。

新種を含む浮遊性有孔虫の記載

以下に記す新種 5 種を含む17種の浮遊性有孔虫を記載した。

Hedbergella kyphoma Hasegawa sp. nov.

Praeglobotruncana compressa Hasegawa sp. nov.

Praeglobotruncana inermis Hasegawa sp. nov.

Praeglobotruncana shirakinensis Hasegawa sp. nov.

Dicarinella takayanagii Hasegawa sp. nov.

論文審査の結果の要旨

中生代白亜紀セノマニアン／チューロニアン期境界付近では、海洋に広く貧酸素水塊がひろがり、有機炭素が、短期間に大量に海洋底に堆積した、OAE、つまり“海洋無酸素事件”が起ったことが知られている。OAE のイベントは、白亜紀に3度くりかえされたが、その原因としては白亜紀の大気中に含まれた、現在の大気中の6倍の量の温室効果ガスによる地球の温暖化であると考えられている。つまり、温暖化により、低緯度浅海域で高塩分水が生産され、それが深層水を形成することで、海洋の循環を停滞させたことに貧酸素水塊の起源を求めるものである。また、OAE のピーク時には、海洋性炭酸塩と海洋起源有機炭素の炭素同位体比が、プラス2‰と、短期間に大きく変化した“isotope spike”の存在も、北アメリカやヨーロッパの白亜紀層から報告されていた。

長谷川卓提出の論文は、北海道に分布する白亜紀層をもとに、OAE がもっとも急速に短期間に進行したとされる、セノマニアン／チューロニアン期の境界付近の時代について、堆積物中の有機炭素の起源を特定し、それらの炭素の同位体比を測定することによって、OAE へと導くに至った白亜紀古環境の詳細な解析を行ったものである。まず、北海道中部大夕張と西部の達布地域において、石灰質微化石による生層序を検討し、この期の境界がどの層準に引かれるかを確定した。ついで、この境界の上下の層序から密な層位間隔で堆積岩資料を採取し、それらについて、有機炭素同位体比の測定、ロックエバル・バイオマーカーの両分析法による有機炭素の起源の特定、含有有機炭素量の分析、硫黄同位体比測定および含有硫黄量の分析を行った。その結果、北海道の白亜紀層中にも、プラス2‰の“isotope spike”が存在すること、この同位体比変化は陸源の有機炭素、つまり陸上植物に記録された変化であることから、それは白亜紀大気中の二酸化炭素の同位体比の変化をも意味すること、この同位体比の変化の直後に、湧昇流の増加を示す、放散虫に富む層が出現することなどを見出した。その結果、OAE のイベントは、地球温暖化とグローバルな海水準の上昇による大陸低地帯の水没が引き金となって発生するが、やがて海水準が低下すると、深層水の循環が活発になり、貧酸素イベントが終了し、また湧昇流が増加して、生物生産量の増加をもたらすことを明らかにした。

以上、本論文は、本人が自立して研究活動を行うのに必要な高度の研究能力と学識を有することを示している。よって、長谷川卓提出の論文は博士（理学）の学位論文として合格と認める。